

TRANSFORMASI FOSFAT DALAM HUBUNGANNYA DENGAN KARBON ORGANIK DAN FAKTOR LAINNYA DI BAWAH PENGARUH AIR PASANG SURUT

Phosphate Transformation in Relation to Organic Carbon and Other Related Factors under Tidal Fluctuation

Fadly Hairannoor Yusran *

Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Lambung Mangkurat, Jln. A. Yani KM 36, Banjarbaru, Indonesia

*Surel: fhyusran@unlam.ac.id

Abstract

Tidal fluctuation creates different soil chemical properties which is totally deviate from normal circumstances. Organic matter decomposition occurs with limited O₂ supply, hence disturbing C cycle which has a center role in the process and mineralization. Undisturbed composite samples were collected in top-soil and sub-soil, 10 each, in order to describe the relationship between organic-C, total-P, and Bray-P. Results show that there was no direct effect from organic-C in P availability as in other mineral soils. However, there was an indication that the relationship was influenced by ripening process of the soil. In other words, the relationship between organic-C and Bray-P was typical for every type of swampland. Meanwhile, organic-C was closely related to the amount of free-Fe in the soil, but free-Fe was not associated with Bray-P either. Soil pH which always strongly affected the solubility of Fe and Bray-P on dry land soils did not show a direct effect on tidal Bray-P.

Keywords: IDF, Thiessen Polygon, Gumbel distribution, Mononobe

1. PENDAHULUAN

Sistem pertanian di daerah pasang surut termasuk unik karena sudah digunakan selama ratusan tahun oleh petani suku Banjar, sehingga bisa digolongkan sebagai kearifan lokal (Babcock 1996; Mawardi 2005). Walaupun sistem pertanian ini hanya untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari (*subsistence*), produksinya selalu melebihi kebutuhan masyarakat dan bahkan bisa menyuplai daerah di provinsi lain seperti Provinsi Kalimantan Tengah dan Timur (Badan Pusat Statistik Kalimantan Selatan 2001; Banjarmasin Post 2007). Akan tetapi, perkembangan penduduk dan konversi lahan produktif melahirkan kebijakan introduksi bibit unggul agar ketahanan pangan di daerah ini dapat terus terjaga. Untuk menyukseskan program ini diperlukan pengetahuan dasar manajemen hara makro, khususnya P, yang spesifik lokasi. Dengan demikian, apa pun jenis padi yang akan ditanam, keperluan pupuknya dapat diprediksi dengan tepat.

Fluktuasi air di daerah pasang surut akan mempengaruhi sifat kimia tanah dan dekomposisi bahan organiknya. Kondisi redoks akan menciptakan keadaan aerob dan anaerob secara terus menerus sampai pada titik tertentu yang berbeda dari tanah mineral lainnya. Sementara itu, kandungan gambut yang ada akan mengalami fase dekomposisi tidak sempurna menghasilkan

substansi humus yang resistan. Kondisi kompleks seperti ini diduga menciptakan sistem keseimbangan tersendiri, terutama pada hara P dan hubungannya dengan kandungan C.

Unsur hara P termasuk esensial karena peranannya dalam fotosintesis dan transfer energi di dalam jaringan tanaman. Ketersediaannya yang terbatas sangat dipengaruhi oleh banyak hal. Di daerah pasang surut, ketersediaan ini dipengaruhi pula oleh konsentrasi P-organik yang biasanya berasosiasi dengan kandungan C-organik gambut. Konsentrasi C dan fraksinasinya menjadi sangat penting karena berhubungan dengan bertambah dan berkurangnya C di dalam tanah (*loss and sink*) serta kualitas dan keberlanjutan kesuburan tanah (Houghton *et al.* 1996). Dalam konteks ini, air menjadi faktor utama yang mempengaruhi keduanya.

Secara umum, konsentrasi P-organik di tanah seperti ini lebih banyak daripada jenis tanah lainnya (Condron *et al.*, 1990). Faktor lainnya yang berpengaruh adalah kandungan air. Pada kondisi tergenang, proses transformasi P meningkat, diduga karena pada kondisi anaerob Fe(III)-fosfat akan direduksi menjadi Fe(II)-fosfat yang lebih mudah larut dan tersedia bagi tanaman (Strawn *et al.* 2015). Demikian juga halnya dengan Al-fosfat. Oleh karena itu, dapat dikatakan bahwa tanah pasang surut mempunyai sifat yang khas dalam

mempengaruhi siklus P. Kondisi inilah yang harus diketahui petani di daerah ini bila mereka ingin mengadopsi teknologi *sawitdupa* (sekali *mewiwit*, dua kali panen) yang diperkenalkan pemerintah.

2. METODE

Penelitian dilaksanakan dengan prinsip deskripsi lapangan dari beberapa contoh tanah sampel. Digunakan tiga *sub-set* lokasi sebagai pembandingan. Contoh pada *sub-set* pertama diambil dari tiga lokasi, yaitu tanah yang selalu tenggelam bila pasang maupun surut (*submerged*, Desa Tamban), tanah yang hanya tergenang bila pasang dan kering bila surut (*fluctuate*, Desa Mekarsari dan Anjir), dan tanah yang tidak tergenang bila pasang atau surut (*aerobic*, Desa Kolam Kanan). Ketiga lokasi dibedakan lagi menjadi tanah lapisan atas (*top-soil*) dan lapisan bawah (*sub-soil*) yang masing-masing diwakili dengan tiga sampel, sehingga seluruh sampel berjumlah 10 x 2 (lapisan) x 3 (kondisi fluktuasi) = 60 sampel. Tanah yang dijadikan sampel harus diambil dari lahan yang belum pernah diganggu (*undisturbed*) dengan memakai bor tanah (*auger*). Sampel tanah dikering-anginkan di dalam nyiru yang disusun pada rak pengeringan. Kemudian diayak dengan ayakan ≤ 2 mm dan disimpan pada stoples untuk analisis laboratorium. Parameter tanah yang dianalisis adalah fraksinasi C dan P berdasarkan metode standar yang dilakukan di Laboratorium Fisika dan Kimia Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Unlam. Analisis sifat tanah secara umum juga dilakukan sebagai pembandingan.

Contoh tanah pada *sub-set* kedua diambil pada jarak 2, 5, dan 7 km dari Sungai Barito pada daerah saluran sistem garpu Kecamatan Barambai pada kedalaman 0-20 cm. Contoh tanah pada *sub-set* ketiga diambil dari Kecamatan Belawang, dengan tata cara pengambilan sampel yang sama dengan kedua *sub-set* lokasi sebelumnya.

Data dianalisis secara statistik dengan GenStat, terutama untuk analisis ragam dan uji beda nilai tengah (LSD = *least significant different* 5%). Sementara analisis korelasi dan regresi dilakukan dengan SPSS, bila diperlukan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa hanya tipe pasang surut yang nyata membedakan kandungan C-organik di dalam tanah (Tabel 1). Sementara, kedalaman sampel, maupun interaksi keduanya tidak menunjukkan perbedaan. Tipe pasang surut, dari A ke D, mempunyai kandungan

C-organik yang berbeda dan menunjukkan kecenderungan meningkat.

Tabel 1. Uji beda nilai tengah (LSD 5%) kandungan C-organik pada sampel tanah semua tipe pasang surut

Tipe pasang surut	Nilai tengah C-organik (%)
A	2,36 ^a
B	3,30 ^b
C	2,27 ^a
D	3,40 ^b

Kandungan P-total di dalam contoh tanah juga dipengaruhi oleh tipe pasang surut yang ada, seperti yang terlihat pada Tabel 2 di bawah ini.

Tabel 2. Uji beda nilai tengah (LSD 5%) kandungan P-total pada sampel tanah semua tipe pasang surut

Tipe pasang surut	Nilai tengah P-total (%)
A	0,23 ^a
B	1,00 ^b
C	0,99 ^b
D	1,27 ^b

Kandungan P-Bray di dalam tanah, seperti kandungan C-organik dan P-total tanah, berbeda sangat nyata karena tipe pasang surut (Tabel 3).

Tabel 3. Uji beda nilai tengah (LSD 5%) kandungan P-Bray pada sampel tanah semua tipe pasang surut

Tipe pasang surut	Nilai tengah P-Bray (ppm)
A	18,5 ^a
B	20,6 ^a
C	45,2 ^b
D	40,4 ^b

Tabel 4. Korelasi Pearson pada parameter sampel tanah semua tipe pasang surut

	C-org	P-total	P-Bray
C-org	1,00	0,43 **	0,15
P-tot	0,43 **	1,00	0,42 **
P-Bray	0,15	0,42 **	1,00

Untuk mengetahui kemungkinan adanya hubungan yang lebih bersifat sebab-akibat, analisis regresi berganda bisa dilakukan dengan beberapa asumsi. Sesuai dengan tujuan penelitian ini, asumsi yang digunakan adalah C-organik berpengaruh terhadap ketersediaan P di lahan pasang surut. Dengan menggunakan pilihan regresi linear, maka dilakukan analisis regresi terhadap variabel tetap P-



Bray terhadap dua variabel bebas P-total dan C-organik, menggunakan seluruh data sampel tanah yang ada. Hasil analisis regresinya adalah sebagai berikut:

$P\text{-Bray} = 25,802 + 7,917 P\text{-total} - 0,545 C\text{-organik}$, dengan nilai $R^2 = 0,153$.

Dari hasil analisis ragam dan uji beda nilai tengah yang dilakukan terhadap parameter yang ada, dapat ditarik kesimpulan bahwa kandungan C-organik, P-Bray, dan P-total contoh tanah menunjukkan kecenderungan kenaikan konsentrasi. Dengan kata lain, tidak adanya fluktuasi air yang nyata, maka proses mineralisasi unsur hara akan semakin intensif, sesuai dengan meningkatnya jaminan ketersediaan O_2 .

Kandungan C-organik ternyata tidak mempunyai korelasi dengan ketersediaan P (P-Bray), walaupun mempunyai korelasi yang nyata dengan kandungan P-total. Dapat disimpulkan dari penelitian ini bahwa tidak ada hubungan sebab-akibat yang nyata dari konsentrasi kandungan C-organik terhadap kandungan P-Bray, walaupun beberapa penelitian menunjukkan hasil yang berlawanan (Condron, 1990; Yusran, 2005). Hal ini mungkin terjadi karena tidak adanya proses *ligand exchange* yang menjelaskan hubungan yang erat antara C-organik dengan P-Bray pada tanah-tanah yang mengalami hancuran iklim yang sudah lanjut (Iyamuremye & Dick 1996; Haynes & Mokolobate 2001) atau justru karena tidak adanya *chelating process* (Haynes & Mokolabate 2001; Tiessen *et al.* 1998) pada jenis tanah dimaksud

Dari uji korelasi parameter di setiap tipe pasang surutnya, terlihat hubungan korelasi positif antara C-organik dengan P-total dengan nilai r (koefisien korelasi) yang semakin tinggi. Demikian pula halnya korelasi antara C-organik dengan P-Bray, walaupun dengan nilai r yang lebih kecil. Hal ini semakin menguatkan dugaan bahwa semakin berkembang tanah, yang dicirikan dengan semakin tingginya permukaan lahan dari permukaan air laut, hubungan antara C-organik dengan P-total semakin erat. Begitu pula hubungan C-organik dengan P-Bray.

Berdasarkan hasil analisis regresi, persamaan yang didapat bisa diartikan, bahwa secara simultan, ketersediaan P di tanah pasang surut sangat nyata ($P < 0,001$) bergantung kepada kandungan P-total, tetapi tidak bergantung ($P = 0,744$) kepada C-organik. Hubungan ini juga terlihat pada analisis korelasi sebelumnya.

Faktor lain yang berpengaruh terhadap kelarutan fosfat, dari dua *sub-set* lokasi pembandingan diketahui bahwa kandungan Fe-larut akan semakin

bertambah bila jarak sampel semakin jauh dari Sungai Barito. Pada saat yang sama, pH tanah menunjukkan peningkatan kemasaman bila semakin jauh dari Sungai Barito. Hubungan keduanya memperlihatkan peningkatan keeratan seperti terlihat pada tabel berikut.

Tabel 5. Peningkatan koefisien korelasi Pearson untuk hubungan antara kemasaman dengan kelarutan Fe

Tipe pasut	A	B	C
r	-0,03	-0,17	-0,50*

Pada *sub-set* lokasi ketiga, peranan C-organik yang bisa mempengaruhi unsur lain juga terlihat, terutama pada kandungan Fe-bebas, seperti pada *sub-set* lokasi pertama, yaitu mempunyai korelasi positif terhadap kandungan P-total. Walaupun pada tanah mineral Fe-bebas berpengaruh terhadap ketersediaan P (P-Bray) karena proses khelasi dan pertukaran ligan (Guppy *et al.*, 2005), pada tanah pasang surut keadaan tersebut tidak terlihat.

Tabel 6. Korelasi Pearson pada parameter sampel tanah semua tipe pasang surut

Parameter	pH	C-organik	Fe-bebas
pH	-	0,13	0,02
C-organik	0,13	-	0,73*
Fe-bebas	0,02	0,73*	-

4. SIMPULAN

Kandungan C-organik tanah pasang surut tidak berpengaruh terhadap proses transformasi P menjadi fosfat, walaupun indikasi ke arah itu ada. Ketersediaan P lebih banyak disebabkan oleh kandungan P-total tanah. Indikasi itu ada berdasarkan analisis statistik, tetapi tidak signifikan. Dugaan sementara adalah hubungan akan semakin erat karena adanya proses pematangan tanah, tetapi tidak disebabkan oleh adanya fluktuasi air. Dengan kata lain, hubungan antara C-organik dengan ketersediaan P di tanah pasang surut bersifat khas. Proses transformasi P yang dipengaruhi oleh konsentrasi C-organik tanah yang berlaku umum pada tanah mineral tidak terjadi pada tanah pasang surut.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih atas seluruh dukungan yang telah diberikan dalam proses

penelitian; kepada Dekan Fakultas Teknik UNLAM, Dr. Ing. Yulian Firmana Arifin, S.T., M.T., yang memberikan kesempatan dalam melaksanakan penelitian ini serta Romla Noor Hakim, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Pertambangan UNLAM yang selalu mendorong dalam berkarya.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Babcock T. 1996. *Kearifan Ekologi Masyarakat Petani di Lahan Basah: Implikasi untuk Pemerintah, Peneliti, dan Praktisi. Aplikasi AMDAL pada Pembangunan Pertanian di Lahan Reklamasi Rawa*. Pusat Penelitian Lingkungan Hidup Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru.
- Badan Pusat Statistik Kalimantan Selatan. 2001. *Kalimantan Selatan dalam Angka*. Badan Pusat Statistik Kalimantan Selatan, Banjarmasin.
- Banjarmasin Post. 2007. *Produksi Beras Terbesar*. 15 September 2007.
- Condon LM, Moir JO, Tiessen H, Stewart JWB. 1990. Critical evaluation of methods for determining total organic phosphorus in tropical soils. *Soil Science Society of America Journal* 54, 1261-1266.
- Cresser M, Killham K, Edwards T. 1993. *Soil Chemistry and Its Applications*. Press Syndicate, The University of Cambridge, Cambridge, USA.
- Guppy CN, Menzies NW, Moody PW, Blamey FPC. 2005. Competitive sorption reactions between phosphorus and organic matter in soil: a review. *Australian Journal of Soil Research*, 43(2), 189-202.
- Haynes RJ, Mokolobate MS. 2001. Amelioration of Al toxicity and P deficiency in acid soils by additions of organic residues: a critical review of the phenomenon and the mechanisms involved. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 59, 47-63.
- Houghton JT, Filho LGM, Callander BA, Harris N, Kattenberg A, Maskell K. 1996. *Climate Change 1995*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Iyamuremye F, Dick RP. 1996. Organic amendments and phosphorus sorption by soils. *Advances in Agronomy*, 56, 139-185.
- Kselik RAL. 1990. Water management on acid sulphate soils at Pulau Petak, Kalimantan. In: *AARD/LAWOO Papers Workshop on Acid Sulphate Soils in the Humid Tropics*. Bogor, November 1990. AARD, Bogor. pp. 249-276.
- Leytem AB, Mikkelsen RL, Gilliam JW. 2002. Sorption of organic phosphorus compounds in atlantic coastal plain soils. *Soil Science*, 167, 652-658.
- Mawardi HA. 2005. Eksistensi kearifan masyarakat Kalsel, khususnya 'Urang Banjar' sebagai wujud identitas atau jati diri etnik. *Radar Banjarmasin*.
- Sarwani M., Lande M, Andriess W. 1995. *Farmer's Experiences in Using Acid Sulphates Soils: Some Examples from Tidal Swampland of Southern Kalimantan, Indonesia*. DLO-The Winand Staring Centre for Integrated Land, Soil and Water Research. Wageningen, The Netherlands .
- Sinaj S, Stamm C, Toor GS, Condon LM, Hendry T, Di HJ, Cameron KC, Frossard E. 2002. Phosphorus exchangeability and leaching losses from two grassland soils. *Journal of Environmental Quality*, 31, 319-330.
- Strawn DG, Bohn HL, Connor GA. 2015. *Soil Chemistry*. Fourth Edition. John Wiley & Sons Ltd., Chichester.
- Watson GA, Willis M. 1985. Farmers' local and traditional rice crop protection techniques: Some examples from coastal swamplands, Kalimantan, Indonesia. *Indonesian Agricultural Resources and Development*, 7, 25-30.
- Yusran FH. 2005. *Soil Organic Matter Decomposition: Effects of Organic Matter Addition on Phosphorus Dynamics in Lateritic Soils*. Dissertation (Unpublished). The University of Western Australia.

